

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 9 - 2 2 3 6 5 0

(43) 公開日 平成 9 年 (1997) 8 月 2 6 日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H01L 21/027			H01L 21/30	518
G03F 7/20	505		G03F 7/20	505
	521			521
9/00			9/00	H
			H01L 21/30	516 B

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平 8 - 2 7 1 7 9

(22) 出願日 平成 8 年 (1996) 2 月 1 5 日

(71) 出願人 0 0 0 0 0 4 1 1 2

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号

(72) 発明者 奥村 正彦

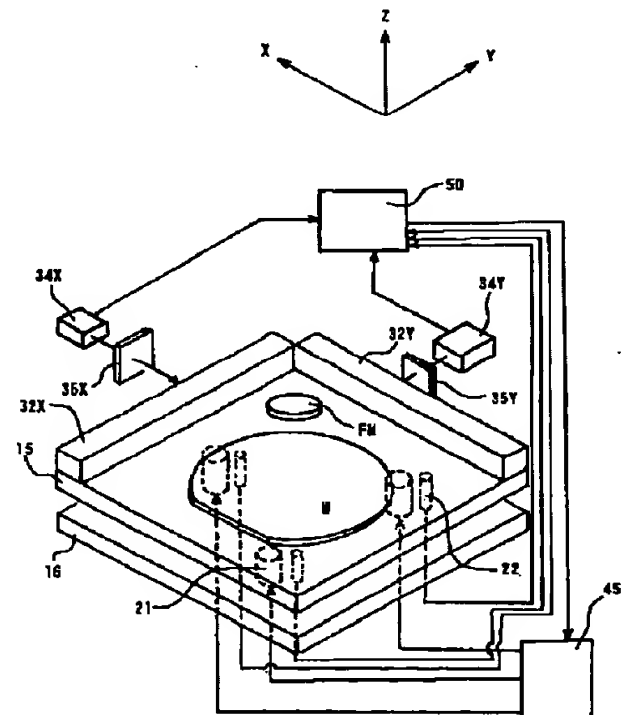
東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内

(54) 【発明の名称】 露光装置

(57) 【要約】

【課題】 レベリングステージ上の移動鏡が傾いた場合にレーザー干渉計で得られる計測値にサイン誤差 E が載る。このサイン誤差を求めておき、実際の計測値からサイン誤差の影響をなくす。

【解決手段】 露光装置は、レチクル R に描かれたパターンを投影レンズ PL を介してフォーカス・レベリングステージ 15 に載置されたウエハ W に露光するである。そして露光装置は、投影レンズ PL の光軸に対してレベリングステージ 15 を所定角度傾斜するアクチュエータ 21 と、レベリングステージ 15 に載置した移動鏡 32 と、移動鏡 32 にレーザー光を照射して座標値を得るレーザー干渉計 34 と、アライメントマークを検出するアライメントセンサ 20 と、アライメントセンサ 20 でアライメントマークを確認しながら、アクチュエータによりウエハ W を傾斜させた状態でレーザー干渉計により座標値を読み取り、ウエハ W の傾斜角に応じて生じるサイン誤差 E を算出する主制御部 50 と、サイン誤差を発生させないようにレーザー干渉計を調整するハーピング 35 とを備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 マスクに描かれたパターンを投影光学系を介して基板テーブルに載置された感光基板に露光する投影露光装置において、

前記投影光学系の光軸に対して前記基板テーブルを所定角度傾斜するアクチュエータと、

前記基板テーブルに載置した移動鏡と、

前記移動鏡にレーザー光を照射して座標値を得る干渉計と、

前記感光基板の位置を検出する位置検出光学系と、前記位置検出光学系で前記感光基板の位置を確認しながら、前記アクチュエータにより前記感光基板を傾斜させた状態で前記干渉計により座標値を読み取り、前記感光基板の傾斜角に応じて生じるサイン誤差を算出する算出手段と、前記レーザー干渉計の測定位置を前記光軸方向に調整する調整手段とを備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の露光装置はさらに、前記パターンが前記投影光学系によって結像される結像位置を求める焦点検出光学系を有し、

前記アクチュエータにより前記感光基板を前記結像位置に移動させた状態で、前記位置検出光学系が、前記感光基板の位置を検出することを特徴とする。

【請求項 3】 基板ステージに載置した感光基板の傾斜角に応じて生じるサイン誤差を算出する方法は以下の工程を含む。移動鏡を備えた前記基板ステージを投影光学系の結像位置に移動させ、

前記感光基板の位置を検出した状態で前記基板ステージを所定角度ごと傾斜させ、その都度前記移動鏡にレーザー光を照射して前記投影光学系の光軸と直交する面内の座標値を求め、

前記所定角度ごとのサイン誤差を検出する。

【請求項 4】 請求項 1 に記載のサイン誤差を算出する方法は、最初に前記投影光学系の結像位置を検出する工程を含む。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】 本発明は、レチクルに描かれた半導体回路パターン又は液晶表示素子パターン等を、感光基板（レジスト層を塗布した半導体ウエハやガラスプレート）に投影露光する装置に関するものである。特に感光基板の載ったステージ位置を検出するレーザー干渉計の検出精度を向上させるものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】 半導体集積回路又は液晶（以下、半導体集積回路で説明する）は、数回から十数回以上の回路パターンの露光を繰り返して製造される。そこで、投影露光装置は、パターン露光の際に各種アライメントセンサを使って感光基板（以下、ウエハで説明する）又はレチクル（又は回路パターン）の X Y 方向の位置及び回転を検出している。

【 0 0 0 3 】 また、レチクルに描かれた回路パターンを露光する際には、投影レンズの焦点深度内にウエハを移動させないと、ウエハを露光することができない。そこで、投影露光装置は、ウエハを投影レンズの光軸方向に移動させ且つウエハを所定量傾けるためのフォーカス・レベリングステージを備えている。かかるフォーカス・レベリングステージには、ウエハのほかにレーザー干渉計から照射されたレーザー光を反射する移動鏡が備えられている。

【 0 0 0 4 】 そのため、レチクルのパターン投影像に合わせてウエハを焦点深度内に入れる際には、フォーカス・レベリングステージは、ウエハを投影レンズの光軸方向に移動し且つウエハを傾ける必要が生じる。すると、フォーカス・レベリングステージ上の移動鏡も光軸方向に移動し且つ傾いてしまう。従って、ベース上に載置したレーザー干渉計で投影レンズの光軸と直交する平面内で X Y 座標を計測すると、レーザー干渉計の計測値にいわゆるサイン誤差 E が生じてしまう。

【 0 0 0 5 】 また、走査型（スキャン型）投影露光装置でいわゆるコンタクトホールを露光する際に、焦点深度を大きくするため意図的にフォーカス・レベリングステージを傾けて、レチクル及びフォーカス・レベリングステージを同期走査する場合もある。この場合もレーザー干渉計の計測値にいわゆるサイン誤差 E が生じてしまう。

【 0 0 0 6 】 さらに、X Y ステージの走り案内面がレーザー干渉計に対してうねりをもって、X Y ステージが駆動するといわゆるローリング、ピッチングとしてフォーカス・レベリングステージ上の移動鏡も傾いてしまうことがある。かかる場合にもレーザー干渉計の計測値にいわゆるサイン誤差 E が生じてしまう。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、サイン誤差 E が生じたまま回路パターンの露光を繰返すと、位置決め精度が出ないまま露光を繰返すことになり、高集積化が進んでいる半導体集積回路が製造できなくなってしまう。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】 そこで、本願発明の露光装置は、投影レンズ P L の光軸に対してレベリングステージ 1 5 を所定角度傾斜するアクチュエータ 2 1 と、レベリングステージ 1 5 に載置した移動鏡 3 2 と、移動鏡 3 2 にレーザー光を照射して座標値を得るレーザー干渉計 3 4 と、アライメントマークを検出するアライメントセンサ 2 0 と、アライメントセンサ 2 0 でアライメントマークを確認しながら、アクチュエータによりウエハ W を傾斜させた状態でレーザー干渉計により座標値を読み取り、ウエハ W の傾斜角に応じて生じるサイン誤差 E を算出する主制御部 5 0 と、レーザー干渉計 3 4 の測定位置を投影レンズ P L の光軸方向に調整するハーピングガ

ラス 3 5 とを備えている。

【 0 0 0 9 】 このため、このステージの傾斜角 θ とレーザー干渉計で得られる座標値とを用いてサイン誤差を求め、ハーピングガラスによってサイン誤差が発生しないようにレーザー干渉計の測定位置を調整することができるので、高い位置決め精度の座標を得ることができる。

【 0 0 1 0 】

【 発明の実施の形態 】 以下、本実施例を説明する。図 1 は、本実施例のステップ・アンド・スキャン方式（以下、走査型という）の投影露光装置を示したものである。ここで、投影レンズ P L の光軸に平行に Z 軸を取り、その光軸に垂直な 2 次元平面内で図 1 の紙面に平行に X 軸を、図 1 の紙面に Y 軸を取る。

【 0 0 1 1 】 この図 1 において、光源 1 1 からの露光用の照明光が、コンデンサレンズ 1 2 を介して均一な照度分布でレチクル R のパターン形成面のスリット状の照明領域を照明する。レチクル R 上の照明領域内のパターンは、投影レンズ P L を介して、フォトレジストが塗布されたウエハ W 上にスリット状の像として投影露光される。レチクル R はレチクルステージ 1 3 上に保持され、レチクルステージ 1 3 はレチクルベース 1 4 上に載置される。レチクルステージ 1 3 はレチクルベース 1 4 上で走査方向（X 方向）に例えばリニアモータにより駆動される。レチクルステージ 1 3 上の移動鏡 3 1 及びレーザー干渉計 3 3 によりレチクル R の X 座標が計測され、この X 座標が装置全体の動作を統轄制御する主制御系 5 0 に供給される。図に示していないが Y 座標についても X 座標と同様に移動鏡と干渉計とが設けられている。主制御系 5 0 は、レチクルステージ駆動回路 4 1 及びレチクルステージ 1 3 を介してレチクル R の位置及び移動速度の制御を行う。

【 0 0 1 2 】 一方、ウエハ W は、ウエハホルダ（不図示）を介してフォーカス・レベリングステージ 1 5 上に保持される。フォーカス・レベリングステージ 1 5 は 3 個の Z 方向に移動自在なアクチュエータ 2 1（図 1 では 2 つを表示する）を介して Y ステージ 1 6 上に載置される。各アクチュエータの変位は、それぞれに付随したエンコーダ 2 2 によって計測される。Y ステージ 1 6 は X ステージ 1 7 上に載置される。Y ステージ 1 6 及び X ステージ 1 7 は、エアベアリングで保持され例えばリニアモータで X Y 方向に移動されるようにベース 1 8 上に載置される。

【 0 0 1 3 】 また、フォーカス・レベリングステージ 1 5 の上端には X、Y 軸用の移動鏡 3 2（3 2 X、3 2 Y）が固定される。ベース 1 8 に載置されたレーザー干渉計 3 4（3 4 X、3 4 Y）からのレーザー光が移動鏡 3 2 に照射され、ウエハ W の X Y 座標（投影レンズ P L の光軸との直交面内）が常時モニタされる。移動鏡 3 2 とレーザー干渉計 3 4 との間には、ハーピング（透明の平行平板）3 5 が設けられている。これらの詳細は後述

する。

【 0 0 1 4 】 主制御系 5 0 は、供給された座標に基づいてウエハステージ駆動回路 4 2 を介して X、Y ステージ 1 6、1 7 及びフォーカス・レベリングステージ 1 5 の動作を制御する。例えば投影レンズ P L が投影倍率 β （ β は例えば $1/4$ 等）で倒立像を投影するものとして、レチクルステージ 1 3 を介してレチクル R を照明領域に対して + X 方向（又は - X 方向）に速度 V R で走査するのと同期して、X ステージ 1 7 を介してウエハ W が - X 方向（又は + X 方向）に速度 V W（ $= \beta \cdot V R$ ）で走査される。

【 0 0 1 5 】 投影露光装置においては、このパターン領域の露光に先立ってレチクル R とウエハ W との位置合わせ（アライメント）を高精度に行う必要がある。ウエハ上のマークの位置検出法は大きく 3 つに分けられる。第 1 の方法は、マークの像を撮像し、画像処理によりその位置を検出する方法である。第 2 の方法は、計測方向に直交する方向に周期性を持つ格子状のアライメントマークと He - Ne レーザーのシートビームとを相対的に走査し、当該マークから発生する散乱光又は回折光の強度変化に基づいてそのマーク位置を検出するレーザビームスキャン方式である。第 3 の方法は、計測方向に周期性を持つ格子状のアライメントマークを使用する「格子アライメント」と呼ばれる方法である。この方法は、光学系の構成によりさらにホモダイン方式とヘテロダイン方式とに細分化される。また、位置検出光学系としては、投影レンズとは別設される専用の顕微鏡を使用するオフアクシス方式と、投影レンズを位置検出光学系として使用する T T L (Through The Lens) 方式がある。本実施例では、T T L 方式の位置検出光学系（アライメントセンサ）2 0 を図 1 に描いている。アライメント 2 0 で得られたアライメント信号は、主制御系 5 0 に供給される。

【 0 0 1 6 】 ウエハ W の表面の Z 方向の位置（焦点位置）を検出するための多点の焦点位置検出系（以下、「A F センサ」という）1 9（1 9 S、1 9 R）の構成につき説明する。この多点 A F センサ 1 9 において、フォトレジストに対して非感光性の検出光が光源 1 9 S から照射される。検出光は投影レンズ P L の光軸に対して斜めにウエハ W 上のフィールドに投影される。それらの計測点からの反射光が、受光部 1 9 R で集光され結像される。結像された反射光は、多数の光電変換素子によりそれぞれ光電変換され、次にこれら光電変換信号が信号処理される。A F センサは、これによりウエハ W の焦点位置及びウエハ W の傾きを求め、ウエハ W の焦点位置及びウエハ W の傾きは主制御部 5 0 に供給される。

【 0 0 1 7 】 図 2 は、本実施例のフォーカス・レベリングステージ 1 5 周辺の制御を示した斜視図である。この図 2 において、フォーカス・レベリングステージ 1 5 の上面には X、Y 軸用の移動鏡 3 2 X、3 2 Y が固定されている。移動鏡 3 2 X にレーザー干渉計 3 4 X からのレ

レーザー光が照射され、ウエハWのX座標が常時モニタされる。移動鏡32Xとレーザー干渉計34Xとの間にはハーピング35Xが取り付けられ、レーザー光の光路を折り曲げている。またY軸用の移動鏡32Y及びレーザー干渉計34YによりウエハWのY座標が常時モニタされる。X軸と同様に移動鏡32Yとレーザー干渉計34Yとの間にはハーピング35Yが取り付けられている。これらによって検出されたX座標、Y座標は主制御系50に供給される。

【0018】なお、図2においては、X軸用のレーザー干渉計34XとY軸用のレーザー干渉計34Yが各1つ描かれているが、ヨーイングを計測するためにさらにレーザー干渉計が各軸にそれぞれ1つずつ設けられている（不図示）。アクチュエータ21は、ロータリーモータ及びカムを使用する方式、又は積層型圧電素子（ピエゾ素子）等を使用して構成する。このようにアクチュエータ21として直線的に変位する駆動素子を使用する場合、Z方向の位置を検出するためのエンコーダとしては光学式又は静電容量式等のリニアエンコーダ22をアクチュエータ21の近傍に配置する。3支点のリニアエンコーダ22から得られたZ方向の値は主制御系50に供給される。主制御系50では、3支点のZ方向の値から、ウエハWのZ方向の位置、X軸回りの傾斜角及びY軸回りの傾斜角を求める。そして、AFセンサの焦点位置の情報、ウエハWのZ方向の位置及び傾斜角などの情報に基づいて、主制御系50は、ウエハステージ駆動回路42に制御信号を送る。ウエハステージ駆動回路42では、3個のアクチュエータ21を均等に伸縮させることにより、フォーカス・レベリングステージ15のZ方向の位置（焦点位置）の調整を行い、3個のアクチュエータ21の伸縮量を個別に調整することにより、フォーカス・レベリングステージ15のX軸及びY軸の回りの傾斜角の調整を行う。

【0019】次に、上述した走査型投影露光装置における投影レンズPLの像面Aとレーザー干渉計の計測位置Bとの差Hについて図3（a）を使って説明する。この図3（a）では、走査方向（X方向）のみについて説明する。AFセンサ19によって得られた結像位置AにウエハWが来るようにフォーカス・レベリングステージ15がY軸ステージに設けられた3個のアクチュエータ21により移動させられる。このとき、フォーカス・レベリングステージ15は角度 θ （Y軸回り）傾き、移動鏡32Xも角度（ $90^\circ - \theta$ ）傾いている。一方、レーザー干渉計34Xのレーザー光は、移動鏡32Xの計測位置Bに照射される。このため、結像位置Aと計測位置BとのZ方向の差はHとなる。かかる場合、レーザー干渉計34Xで得られるX座標には、サイン誤差Eが載ってしまう。なお、サイン誤差Eは、

$$E = H * \sin \theta \approx H * \theta \quad \cdots \cdots \cdots (1) \text{ である。}$$

【0020】次に、投影レンズPLの像面Aとレーザー

干渉計の計測位置Bとの差Hによって生じるサイン誤差Eの計測について説明する（図5を参照）。まず、AFセンサ19で結像位置を求め、レベリングステージ15を投影レンズPLの光軸と直交する面に水平に移動させて、ウエハWを結像位置に合わせる。そしてウエハW上に形成されたアライメントマークをTTLアライメントセンサ20で計測できるように、Xステージ17、Yステージ16を移動してウエハWをもっていく。この状態でアライメントマークを投影レンズPLの結像位置Aに保持させたまま、フォーカス・レベリングステージ15を傾斜（ $-\theta_0$ ）から傾斜（ $+\theta_0$ ）までステップ的にアクチュエータ21で回転させる。回転したときにレーザー干渉計34で得られるX座標の偏差を X_{if} とする。また、フォーカス・レベリングステージ15を傾斜させた際にTTLアライメントセンサ20で得られる偏差を X_{alg} とする。フォーカス・レベリングステージ15が傾斜する範囲内（所定回転角 θ ）で回転させて、いろいろな傾斜角 θ での偏差 X_{if} 、偏差 X_{alg} を求める。従って、主制御部50では、フォーカス・レベリングステージ15の傾斜角に応じて生じるレーザー干渉計の実測サイン誤差Eを数式2で求めることができる。

$$【0021】 E = X_{alg} - X_{if} \quad \cdots \cdots \cdots (2)$$

そして、各傾斜角 θ におけるサイン誤差Eを主制御部50内のメモリに記憶する。なお、ウエハW上のアライメントマークをTTLアライメントセンサ20で検出したがフォーカス・レベリングステージ15上のフィジカルマークFMをTTLアライメントセンサ20で検出してもよい。また、偏差 X_{alg} は、常に0であることもある。

【0022】なお、レーザー干渉計34Xの実測サイン誤差Eを求める際にTTLアライメントセンサ20を使用した、オフアクシス方式のアライメントセンサであってもかまわない。またその位置検出法は、上述した第1の方法（マークの像を撮像し、画像処理する）、第2の方法（格子状のアライメントマークとレーザーのシートビームとを相対的に走査するレーザービームスキャン方式）、第3の方法（格子アライメント）のいずれであってもかまわない。ここに、フォーカス・レベリングステージ15の傾斜量 θ と実測サイン誤差Eとの関係を図4に示す。図4に示すように傾斜量 θ とサイン誤差Eとは比例関係にある。但し、XYステージの走り案内面がレーザー干渉計に対してうねり ψ を持っている場合、サイン誤差Eは、

$$E = H (\theta + \psi) \quad \cdots \cdots \cdots (3)$$

となる。ステージの走り案内面のうねり ψ はXYステージ16、17の位置に依存して変化するので、XYステージに対するレベリングステージ15の傾斜 θ が0であってもレーザー干渉計34のレーザービームに対する移動鏡32の傾きは変化する。すなわち、投影レンズPLの像面Aとレーザー干渉計34の計測位置Bとの差H

10

20

30

40

50

が 0 でないと、露光ショットの配列の格子性の悪化要因となる。ここで、特定の位置（それぞれ X Y 軸とも）に X Y ステージ 1 6、1 7 を停止した状態ではうねり ψ は一定なので、像面 A と計測位置 B との差 H は、図 4 及び数式 (1) (3) に示すようにフォーカス・レベリングステージ 1 5 の傾斜量 θ とサイン誤差 E との比例係数として求められる。従って、差 H が 0 となるようにハーピング 3 5 を回転調整しておけばよい。この状態を図 3 の (b) に示す。

【0 0 2 3】なお、実際にはフォーカス・レベリングステージ 1 5 の駆動によって移動鏡 3 2 が傾斜しサイン誤差 E が生じるばかりでなく、移動鏡 3 2 の傾斜に伴って、レーザー干渉計 3 4 の光路自体も傾斜してしまう。従って図 4 に示されるフォーカス・レベリングステージ 1 5 の傾斜角 θ とサイン誤差 E との関係は完全な直線ではなく、複数点プロットしてあるようにほぼ放物線状になる。この誤差成分は角度 θ の二乗に比例するのでレーザー干渉計 3 4 の位置調整では除去できない。この成分を含めると、レーザー干渉計 3 4 の誤差 E' は以下のよう

$$E' = A * \theta * \theta + B * \theta + E \quad \cdots \cdots (4)$$

と表わせる。ここでレーザー干渉計 3 4 の光路長や移動鏡 3 2 の取り付け誤差で与えられる変数であり、これらは予め別途計測できるので、露光時にはこの誤差分をステージ位置で補正することができる。

【0 0 2 4】なお、ステージのうねり ψ が加わる場合、上記補正では誤差を含むことになるが、誤差 E' の中で支配的なサイン誤差 E と比べるとその影響は軽微である。以上説明してきた実施例では、ウエハ W 用のレベリングステージ 1 5 におけるサイン誤差 E について説明したが、レチクルステージ 1 3 に適用してもよいことはいうまでもない。また、走査型投影露光装置について説明してきたが、レベリングステージ上に移動鏡が載置され、レベリングステージの傾斜に応じて移動鏡も傾いてしまう装置であれば同様に適用できる。

【0 0 2 5】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、レーザー干渉計の計測位置と投影光学系の像面位置との差 H によって生じるサイン誤差 E を、位置検出光学系を用いてレベリングステージを傾斜させながら求めることができ

る。また平行平板をレーザー干渉計と移動鏡との間に入れ、干渉計の計測位置を投影レンズの像面に合わせるように調整できるので、レーザー干渉計で得られる座標値にサイン誤差 E を含まないようにすることができる。

【0 0 2 6】このことは、走査型投影露光装置で、レチクル R の投影される領域（照明スリット領域；ショット領域よりも狭い）を走査方向（X 軸方向）に傾けショット領域分走査し、焦点深度が 2、3 倍となったコンタクトホールを得る場合、X、Y ステージの案内面にうねりがある場合でも、レーザー干渉計で得られる座標が高精度になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本実施例の走査型投影露光装置の全体構成図である。

【図 2】ウエハ W 用のフォーカス・レベリングステージの周辺の構成を記載した図である。

【図 3】図 3 (a) は、フォーカス・レベリングステージの傾斜により、レーザー干渉計の計測位置 B と投影レンズの結像位置 A とに差 H (Z 方向) が生じてしまうことを表わした図である。図 3 (b) は、差 H (Z 方向) を平行平板 (ハーピング) で補正した図である。

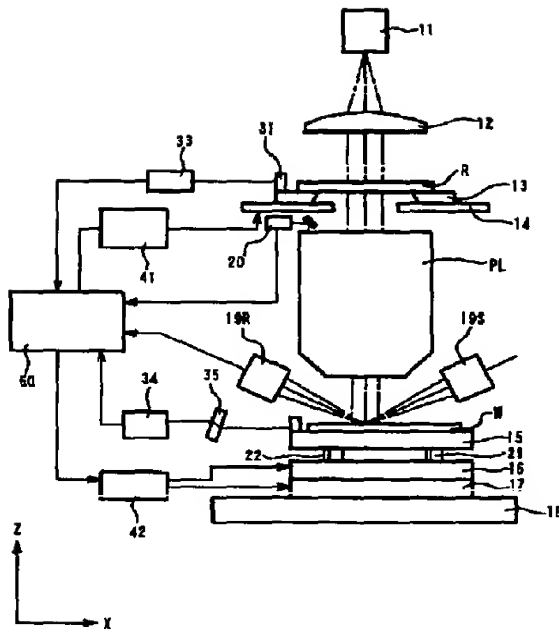
【図 4】フォーカス・レベリングステージの傾斜角 θ とサイン誤差 E との関係を表わしたズである。

【図 5】フォーカス・レベリングステージの傾斜角 θ とサイン誤差 E との関係を表わしたズである。

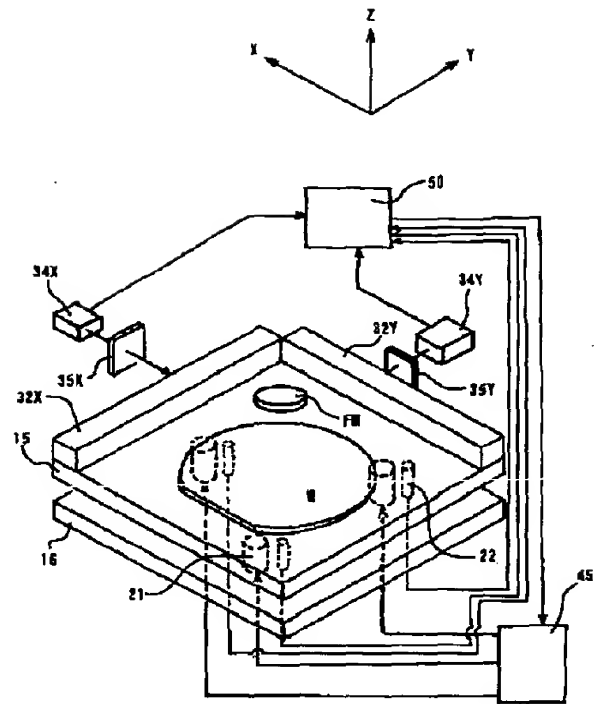
【符号の説明】

レチクル	…… R	ウエハ
…… W		
レチクルステージ	…… 1 3	投影レン
ズ	…… P L	
レベリングステージ	…… 1 5	Y ステ
ジ	…… 1 6	
アクチュエータ	…… 2 1	エンコー
ダ	…… 2 2	
レチクル干渉計用ミラー	…… 3 1	レチクル
用干渉計	…… 3 3	
ウエハ干渉計用ミラー	…… 3 2	ウエハ用
干渉計	…… 3 4	
ハーピング (平行平板)	…… 3 5	サーボモ
ータ	…… 3 6	

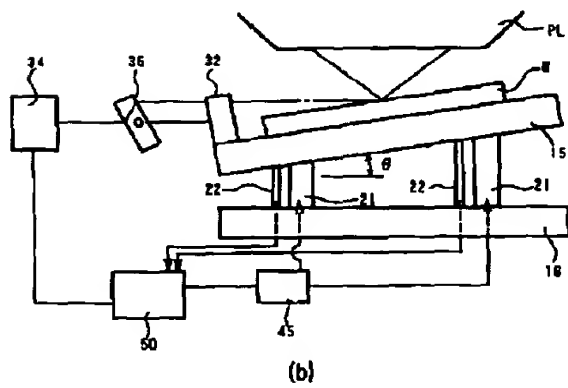
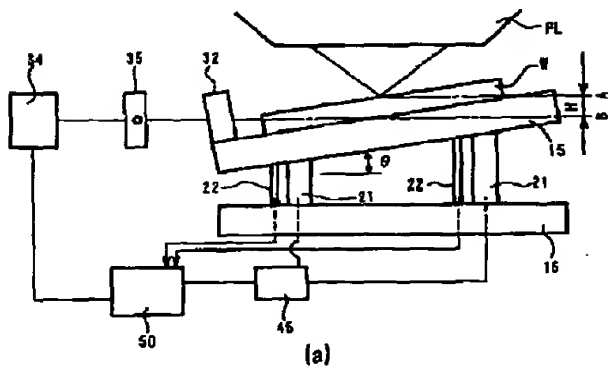
【図 1】



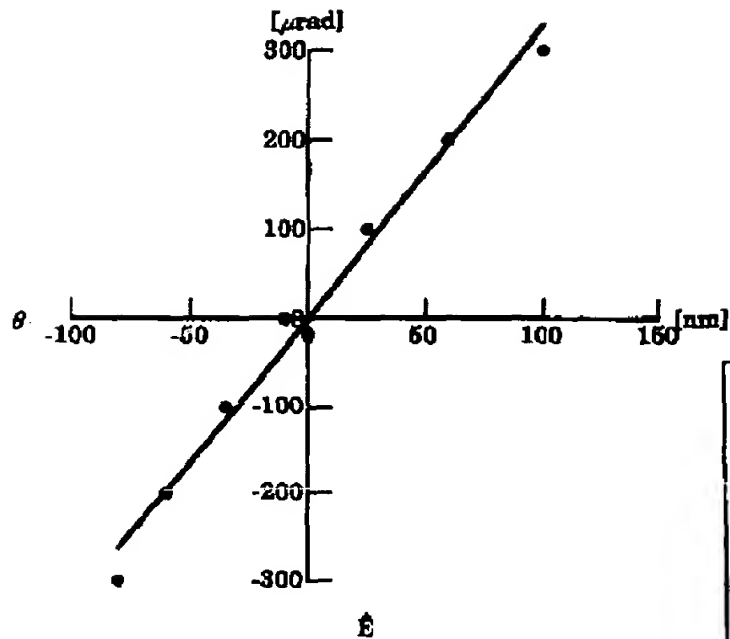
【図 2】



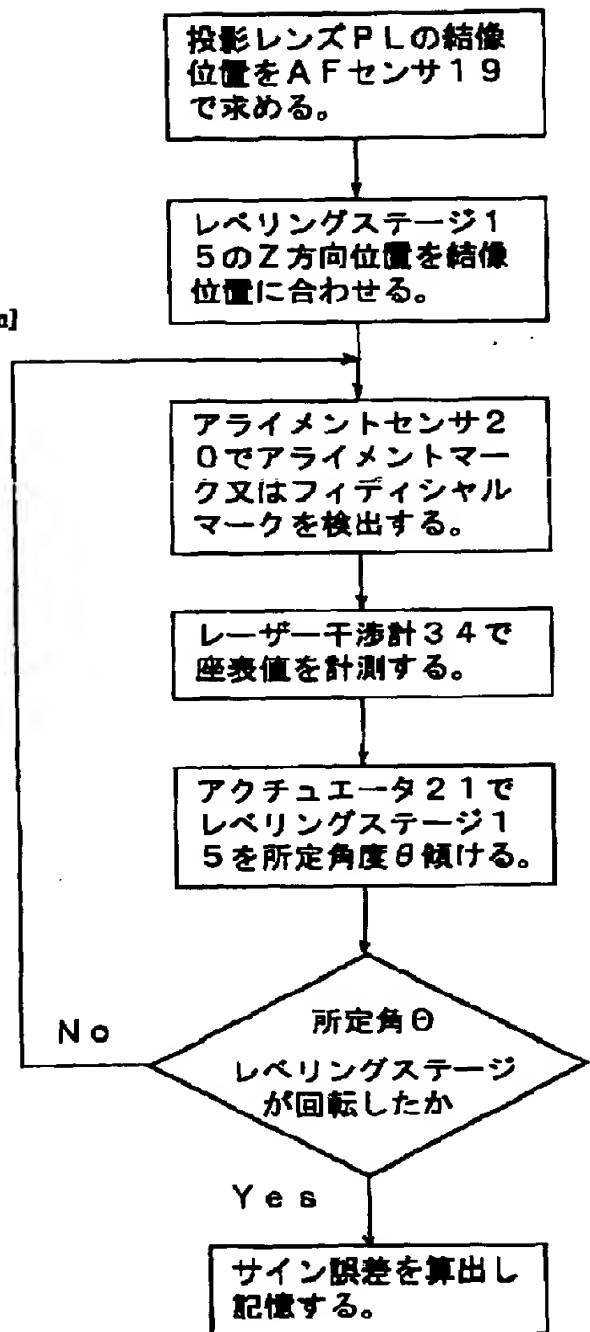
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き